

EVALUASI KINERJA ALAT PENUKAR PANAS RSG-GAS PASCA INSPEKSIDjunaidi, Aep Saepudin Catur, Syafrul^{*)}**ABSTRAK**

EVALUASI KINERJA ALAT PENUKAR PANAS RSG-GAS PASCA INSPEKSI. Alat penukar panas merupakan alat utama yang perlu dijaga kinerjanya, agar pengoperasian reaktor dapat dipertahankan keselamatannya. Salah satu tindakan yang diperlukan adalah melakukan inspeksi ke bagian dalam alat penukar panas untuk mengetahui tingkat pengotor yang mengendap dibagian dalam pipa. Koefisien perpindahan panas global (U_g) merupakan program taksiran unjuk kerja dari alat penukar panas tersebut. Tulisan ini merupakan hasil kegiatan terhadap unjuk kerja alat penukar panas pasca inspeksi tahun 2006. Dengan mengamati suhu keluar dan masuk sistem primer dan sekunder dapat dihitung & diketahui harga terendah U_g selama pengamatan yakni $68,227 \text{ k cal/men m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$. Harga ini terbukti masih diatas harga keselamatan sebesar $41,092 \text{ k cal/ men m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$. Dapat disimpulkan bahwa kinerja alat penukar panas BC 02 masih bagus dan belum perlu dilakukan inspeksi ulang.

Kata kunci : alat penukar panas, kinerja

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION OF HEAT EXCHANGER OF THE RSG-GAS AFTER THE INSPECTION. Heat exchanger is vital component for safe reactor operation than its performance should be continuously maintained. One measure to achieve that condition is to regularly inspection to the internal part of that component in order to detect whether solid substances deposited inside the of heat exchanger are still confirm to its specification. Value of global heat transfer coefficient (U_g) represent to the performment of heat exchanger.. A its of this paper is to assess heat exchanger performment by monitoring inlet and outlet temperature of primary and secondary cooling system since 2007-2010. It is ixidence that the lowest value of U_g $68.227 \text{ k cal/ men m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ was still above pres cribed safety limit of $41.092 \text{ k cal/ men m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$. Then it is concluded that heat exchanger is safe be operated.

Keywords : Heat exchanger, performance

^{*)} Fungsional Pranata Nuklir, PRSG-BATAN**PENDAHULUAN**

Alat penukar panas berfungsi untuk memindahkan panas dari pendingin primer ke pendingin sekunder dengan media air. Berhubung alat tersebut telah lama dioperasikan, maka kinerjanya mulai menurun yang ditunjukkan oleh turunnya harga koefisien transfer panas global (U_g). Alat penukar panas RSG-GAS BC02 telah

di inspeksi pada 21 s.d 23 Juli 2006 dengan kegiatan utamanya adalah membersihkan bagian dalam tube dari kotoran dan juga mengukur ketebalan semua tube, dengan tujuan apakah masih layak digunakan lagi. Pasca inspeksi kinerja alat kembali membaik. Setelah beroperasi kembali 4 tahun perlu dilakukan re-evaluasi barang kali akan terjadi penurunan kemampuan. Tujuan dari

penulisan ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja alat penukar panas pasca inspeksi pada tahun 2006 dengan mengamati harga U_g dari waktu ke waktu

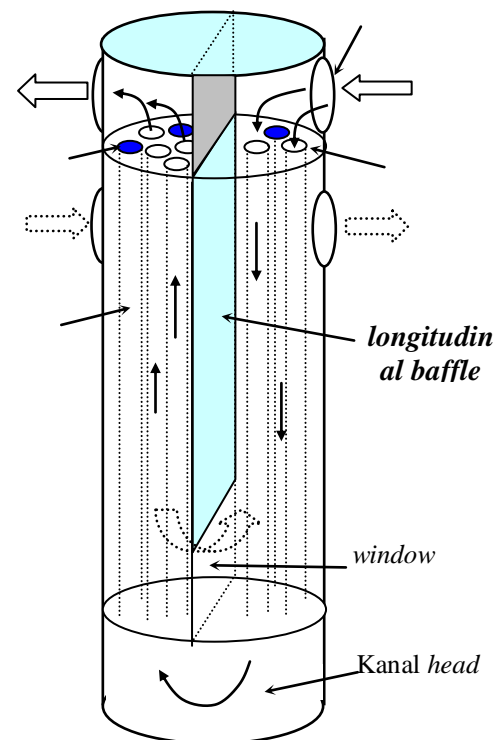
Pembuangan/pemindahan panas didalam pengoperasian reaktor RSG-GAS merupakan suatu tugas yang harus dilakukan, sehingga pengoperasian reaktor dijamin keselamatannya. Alat penukar panas yang digunakan RSG-GAS adalah jenis *shell and tube* 2-2 karena jenis ini memiliki luas permukaan transfer panas (A) yang besar, sehingga perpindahan panasnya lebih besar dibandingkan jenis lainnya. Selanjutnya pengamatan dan perhitungan U_g dilakukan dengan pengambilan data suhu masuk dan keluar alat penukar panas pada jalur pendingin primer dan pendingin sekunder. Pengamatan nilai U_g dilakukan pasca dilakukan inspeksi, dimana setiap tahun terbukti terjadi penurunan nilai U_g . Nilai ini akan menurun karena lamanya pengoperasian dan adanya unsur pengotor yang mengganggu sistem perpindahan panas. Dari data pengoperasian, suhu keluaran dapat dibuat grafik tentang koefisien perpindahan panas global U_g sebagai fungsi waktu pengoperasian. Dengan demikian akan dapat diperoleh suatu gambaran apakah alat penukar panas BC02 telah tiba saatnya untuk dilakukan inspeksi ulang atau belum.

BAHAN

Diskripsi dan kinerja alat Penukar Panas RSG-GAS

Sistem pendingin reaktor RSG-GAS terdiri atas 2 untai sistem pendingin primer dan sekunder yang berfungsi memindahkan panas hasil reaksi fisi di teras reaktor ke lingkungan. Transfer panas dari sistem pendingin primer ke sekunder dilakukan oleh alat penukar panas. Setiap penukar panas didesain memindahkan panas pada daya 16,5 MW. Dua buah alat penukar panas yang ada mampu

memindahkan panas yang dibangkitkan oleh teras reaktor sebesar 30 MW. Alat penukar panas pada sistem pendingin reaktor RSG-GAS adalah jenis *Shell and Tube* yang berbentuk tabung tegak, aliran berlawanan 2 *pass shell* dan 2 *pass tube*. Jumlah 2 buah alat yang terpasang secara paralel, masing-masing memiliki data geometri dan kapasitas yang sama dengan beban nominal 15 MW. Alat ini memiliki penyekat (*baffle*) longitudinal pada bagian garis tengah *shell*, sisi *shell* dilalui oleh fluida panas sedangkan *tube* dilalui oleh fluida dingin seperti pada Gambar 1. Kenampakan bagian dalam alat penukar panas. Tabel 1 menyajikan data spesifikasinya.



Gambar 1. Skema aliran penukar panas

Tabel 1. Data spesifikasi alat^[1]

Type /Kode (KKS)	Shell and tube / JE-01 BC01/BC02/BC03
Diameter shell	1300 mm
Diameter tube	20 mm ID, 22 mm OD
Jumlah tube per pass	816 buah
Panjang tube	7410 mm
Tube Lay out	Square
Luas bidang kontak	780 m ²
Laju alir sisi shell	430 kg / det
Laju alir sisi tube	485 kg / det

Penukar panas jenis ini (*shell-tube*) memiliki luas permukaan transfer panas (A) yang besar. Alat penukar panas jenis ini cukup banyak digunakan di industri modern, dan diantara pemakaiannya adalah^[2]:

- Sebagai *Cooler* dan *Heater*. Untuk pendinginan (tidak ada perubahan fase) dengan pendingin *referigerant* yang biasa disebut sebagai *chiller*.
- Sebagai Kondenser dan *Reboiler*.

Diantara beberapa pemakaian di atas yang paling awet penggunaannya adalah sebagai *cooler* dan *heater* karena beban kerjanya yang umumnya tidak terlalu berat.

Dasar Perhitungan

Di dalam alat penukar kalor RSG-GAS, terjadi transfer panas dari sisi *shell* menuju sisi-*tube*, hal ini menunjukkan adanya kesetimbangan panas antara panas masuk dan keluar diantara *shell* dan *tube*. Energi panas yang dipindahkan dari pendingin primer adalah sama dengan energi panas yang diterima pendingin sekunder^[3], dengan demikian dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_p = Q_s = m_p \cdot C_{p_p} \Delta T_p \quad (1)$$

Di mana m_p dan ΔT_p merupakan parameter yang terukur sedangkan C_{p_p} adalah kapasitas panas sebagai fungsi suhu fluida. Kemudian hubungan antara luas bidang transfer panas, koefisien transfer panas global dan perubahan panas dengan beban panas yang ditransfer dapat dirumuskan oleh persamaan dasar penukar panas berikut^[3] :

$$Q_p = Q_s = U_g \cdot A \cdot \Delta T_{lmt} \quad (2)$$

Di mana U_g adalah koefisien transfer panas global dan A merupakan luas bidang transfer panas. Koefisien transfer panas global (U_g) merupakan koefisien transfer panas kedua sisi antara *tube* dan *shell* di mana nilai U_g cenderung akan menurun harganya jika dioperasikan terus, dan ini menunjukkan pengurangan kinerja alat penukar panas setelah sekian lama dioperasikan. Selain itu penurunan kinerja alat penukar panas juga dapat dilihat dari grafik distribusi suhu fluida. Distribusi suhu alat penukar panas adalah perubahan suhu antara masuk dan keluar baik fluida panas dan fluida dingin sepanjang *tube* (antara *inlet* dan *outlet*). Hasilnya dibandingkan dengan grafik distribusi pada saat awal operasi pada operasi dengan daya yang sama.

Beda Suhu Rerata Logaritmik (ΔT_{lmt})^[4]

Pada umumnya suhu fluida di dalam penukar panas tidak merupakan garis lurus apabila di plot terhadap panjang lintasan fluida (L) sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 3. Pada setiap titik T-t antara dua aliran dapat diperoleh beda suhu rerata logaritmik dengan menurunkan hubungan antara T-t terhadap L dan dengan melakukan identifikasi beda suhu di sepanjang lintasan fluida. Untuk menurunkan persamaan beda suhu antar

dua fluida perlu dibuat beberapa asumsi sebagai berikut :

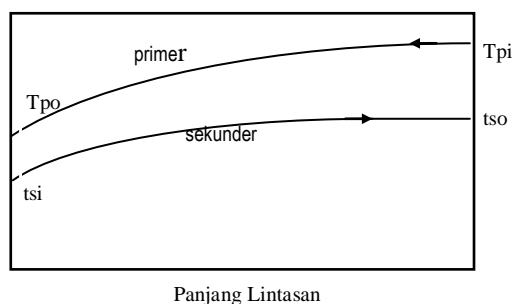
- Koefisien transfer panas global (U_g) konstan sepanjang lintasan.
- Laju massa aliran fluida konstan dan tunak
- Panas spesifik konstan
- Tidak ada perubahan fasa di dalam sistem
- Kehilangan panas ke sekelilingnya diabaikan.

Dengan menggunakan bentuk persamaan diferensial maka, akan diperoleh persamaan berikut :

$$Q = U_g \cdot A \frac{[(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)]}{\ln(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)}$$

$$Q = U_g \cdot A \cdot LMTD \text{ atau}$$

$$LMTD = \frac{(T_{pi} - t_{so}) - (T_{po} - t_{si})}{\ln(T_{pi} - t_{so})/(T_{po} - t_{si})} \quad (3)$$



Gambar 2. Grafik LMTD

TATA KERJA

Berdasarkan deskripsi penukar panas di atas tahapan evaluasi meliputi pengamatan / pengukuran atau pengambilan data kemudian melakukan perhitungan besarnya nilai U_g dengan persamaan (1), (2) dan (3). Adapun suhu-suhu yang digunakan dalam evaluasi adalah besaran suhu pada sisi *shell* dan

sisi *tube* alat penukar panas saat beroperasi sebagai berikut :

T_{pi} : Suhu pendingin primer menuju sisi *shell* penukar panas

T_{po} : Suhu pendingin primer keluar sisi *shell* penukar panas

T_{si} : Suhu pendingin sekunder menuju sisi *tube* penukar panas

T_{so} : Suhu pendingin sekunder keluar sisi *tube* penukar panas

Suhu-suhu tersebut di atas diamati pada saat sesudah inspeksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Reaktor G.A.Siwabessy memiliki 3 buah pompa sirkulasi untuk sistem pendingin primer, masing-masing pompa berkapasitas 50% untuk sirkulasi primer. Dalam operasi rutin hanya 2 buah pompa primer yang beroperasi dan 1 buah pompa untuk cadangan. Selain itu alat penukar panas tersedia 2 buah yaitu BC01 dan BC02 yang keduanya selalu dioperasikan bersama-sama, kecuali dalam kondisi darurat. Dalam kondisi darurat alat penukar panas dapat saja dilakukan 1 buah saja, itupun hanya sampai daya 15 MW saja dan lebih dari itu suhu air pendingin primer yang kembali ke kolam reaktor akan naik dan kondisi ini akan membahayakan integritas reaktor¹⁾. Sehubungan dengan itu dalam pengambilan data untuk menghitung U_g kecepatan laju alir primer harus dibagi dua karena dalam operasi rutin alat penukar panas yang beroperasi dua buah.

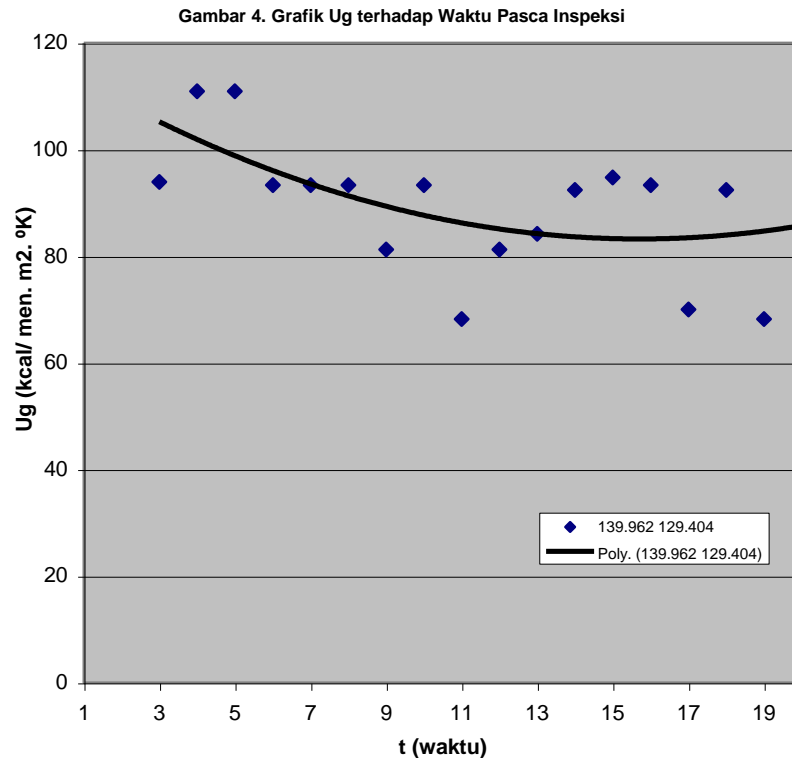
Dari data spesifikasi teknis alat penukar panas diperoleh harga $U_g = 41,0916 \text{ kcal/menit.m}^2 \text{ }^\circ\text{K}^1$ atau $= 2465,5 \text{ kcal/j m}^2 \text{ }^\circ\text{C.}$, ini yang merupakan batas harga U_g dari alat penukar panas awal. apabila harga $U_g <$ dari yang tersebut diatas maka perindahan panas dianggap gagal. Evaluasi kinerja alat penukar panas, dilakukan dengan menggunakan data alat penukar panas BC 02 pasca inspeksi juli

2006 pada kondisi tunak (*steady state*).
Tabel berikut adalah hasil pencatatan dari
operasi reaktor pada daya 15 MW untuk

menghitung Ug dengan pengambilan data
secara acak.

Tabel 2. Data operasi dan perhitungan Ug pasca inspeksi

Tanggal	Pendingin primer		Pendingin sekunder		Laju alir (m ³ /jam)	Ug (Kcal/menm ^{2o} K)
	Tpi(°C)	Tpo(°C)	tsi(°C)	tso(°C)		
23/04/07	41	35	34	39	3150	139,962
01/06/07	42	35	34	39	3150	129,404
01/07/07	41	36	35	38	3150	93,894
18/08/07	40	34	33	37	3150	110,918
27/10/07	40	34	33	37	3150	110,918
13/11/07	41	35	34	37	3150	93,308
15/12/07	42	36	35	38	3150	93,308
21/02/08	40	34	33	36	3150	93,308
22/03/08	41	35	34	36	3150	81,246
17/06/08	41	35	34	37	3150	93,308
08/08/08	39	34	32	36	3150	68,227
14/09/08	41	35	34	36	3150	81,246
20/01/09	41	35,5	34	38	3150	84,175
11/03/09	40	35	34	37	3150	92,431
23/04/09	40	36	35	38	3150	94,789
19/08/09	42	36	35	38	3150	93,308
03/11/09	41	36,5	35	38	3150	69,981
08/12/09	41	36	35	38	3150	92,431
15/03/10	42	36	35	39	3150	68,227
21/03/10	42	37	36	40	3150	92,431



Gambar 4. Grafik Ug terhadap Waktu Pasca Inspeksi

Setelah dilakukan inspeksi untuk alat penukar panas BC 02 pada Juli 2006 nilai Ug rerata lebih besar dari harga batas perpindahan panas. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan koefisien transfer panasnya akibat dari dihilangkannya pengotor yang menempel saat inspeksi.

Dari data operasi reaktor pada daya 15 MW selama beberapa tahun operasi terakhir menunjukkan bahwa beda suhu masuk dan keluar (Δt) untuk pendingin primer (sisi-shell) pada alat penukar panas harganya di bawah 10°C . Ini berarti kerja alat penukar panas tidak terlalu berat kerjanya, namun demikian nilai Ug pada daya 15 MW tersebut dari waktu ke waktu sangat bervariasi karena pengaruh *additive* pada fluida dingin sekunder dan kecenderungan semakin lama akan semakin menurun lihat Gambar .

Pemberian *chemical additive* ke pendingin sekunder adalah untuk memperbaiki kualitas air pendingin sekunder agar memenuhi standart kualitas air pendingin antara lain memperbaiki transfer panas, mencegah tumbuhnya lumut atau ganggang, melindungi sistem dari serangan korosi, mengurangi timbulnya kerak. Bahad *additive* terdiri dari bahan inhibitor bahan anti karat dan bahan pengatur PH air pendingin. Pendingin sekunder yang digunakan di reaktor RSG-GAS menggunakan inhibitor pospat secara teratur hingga sekarang bahkan beberapa tahun yang lalu penggunaannya lebih dari cukup akibat Ug-nya menjadi besar dan sulit memperoleh Ug yang sebenarnya .

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa sampai saat ini alat penukar panas RSG-GAS BC02 kinerjanya masih baik dan belum perlu direkomendasikan untuk dapat dilakukan inspersi berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. **PRSG-BATAN**, *Safety Analysis Report* Rev-8, Bab 5.1998.
2. **ROBERT E.TREYBAL**, *Mass-Transfer Operation*, Mc Graw-Hill Kogakusha. LTD, International Student Eddition,Chapter.1968.
3. **WARNIATI AGRA**. Ringkasan Perpindahan Panas, Diktat kuliah Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 1981.
4. **KERN D.Q.** *Process Heat Transfer*, Chapter 4, Mc Grow Hill Co, International Student Edition, 1950.
5. **ANIMMOUS**, "Final report of Eddy Curent Test on Heat Exchanger Tubes JE 01 BC 02 RSG-GAS BATAN., Report Number 072 /RPT-BTR/ VII 06, Date July 28, 2006.
6. **P2TRR**, "Buku catatan harian Ruang Kendali Utama".